

不攪乱赤井粘土の静的力学特性

名城大学 学生会員 三好直輔・山田久記
 名城大学大学院 学生会員 福沢宏樹
 名城大学 正会員 小高猛司・板橋一雄

1. はじめに

大阪平野に広く分布する Ma13 沖積粘土は、とりわけ東大阪地区では内湾部の汽水堆積環境で形成されたために比較的鋭敏性が高いことが知られている¹⁾。本報では、大東市赤井で採取した不攪乱 Ma13 沖積粘土（以下、赤井粘土）を用いて、三軸試験により基本的な静的力学特性を求めた結果を示す。

2. 試験概要

赤井粘土は自然含水比がほぼ液性限界を上回る非常に鋭敏な粘土であり、一旦練り返して乱してしまうと液状となり、一軸試験の実施も困難である。本報では、不攪乱供試体による三軸試験を基本としたが、十分練り返した状態での力学特性も把握するため、攪乱試料の表面をペーパータオルで徐々に脱水しつつ、かろうじて自立する含水比まで低下させて供試体を作製し、実験を行った。不攪乱、攪乱ともに、供試体寸法は、直径 50mm、高さ 100mm の円柱である。供試体を三軸セルに設置後、二重負圧法で飽和化を行い、背圧 200kPa で所定の拘束圧で 24 時間圧密後、非排水せん断を実施した。載荷速度は 0.1%/min である。

3 試験結果

表 1 に基本的な三軸試験に用いた供試体の採取深度と実験時の初期有効拘束圧を示す。事前に実施した標準圧密試験の結果より、CASE A と CASE B の深度に相当する赤井粘土の圧密降伏応力は約 70~90kPa であったことから、原地盤の異方応力状態を勘案して初期有効拘束圧を 60kPa と設定した。一方、CASE C および D では、CASE B と同深度の供試体ではあるが、有効拘束圧の影響を検討するために、初期有効拘束圧を 100 および 200kPa と大きく作用させることにより実験を実施した。

図 1 に応力~ひずみ関係ならびに有効応力経路を示す。CASE A の有効応力経路を見ると、全体的に塑性圧縮しており、特にピーク強度を過ぎてからは顕著に塑性圧縮を伴うひずみ軟化を示しており、典型的な鋭敏粘土のせん断挙動が観察できる。CASE B の実験結果は、有効応力経路から過圧密挙動を示しており、CASE A と同じ有効拘束圧では過小であったことを示唆している。一方、CASE C のせん断挙動は、応力~ひずみ関係、有効応力経路ともに CASE A の相似形となっている。しかしながら、さらに初期有効拘束圧を大きくした CASE D においては、CASE C よりもひずみ軟化の程度も小さくなり、破壊応力比も小さくなった。これは、圧密過程での過大な等方圧密応力履歴により、異方応力状態で構成されていた鋭敏粘土の骨格構造が多少劣化したことに起因すると考えている。以上の結果より、室内試験で原地盤のせん断挙動を正確に予測するためには、適切な初期有効拘束圧を用いる必要がある。

図 2 は載荷速度を変えて実施した三軸試験結果である。具体的な載荷速度を表 2 に示す。応力~ひずみ関係は、速度の大きい CASE F の方が大きなピーク強度を有し、かつひずみ軟化の度合いも大きい。しかしながら、軸ひずみが大きくなり、残留状態に近づくと CASE E と F の有効応力状態

表 1 基本的な試験の条件

CASE	深度	拘束圧	間隙比
A	8.6 m	60 kPa	2.27
B	11.1 m	60 kPa	2.05
C	11.2 m	100kPa	1.86
D	10.9 m	200kPa	1.63

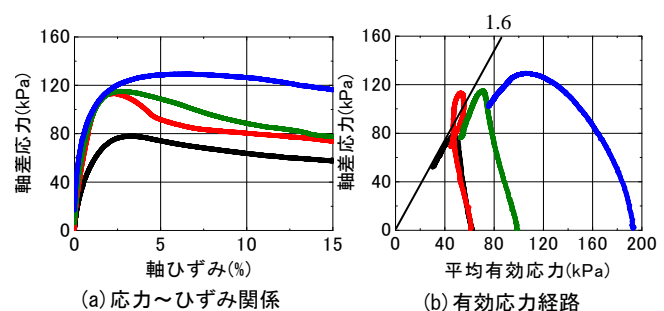


図 1 基本的な三軸試験結果

は非常に近いものとなる。以上のように、赤井粘土のように鋭敏性の高い粘土においては、ひずみ速度依存性挙動がより顕著に現れる。

図3に異方ならびに等方との圧密条件が異なる場合と、圧縮ならびに伸張との载荷条件を変えて実施した三軸試験の結果を示す。表3に各試験CASEの圧密条件と载荷条件を示す。応力～ひずみ関係において、圧縮载荷のCASE HとCASE Jでは、最大軸差応力はほぼ同じとなるが、異方圧密したCASE Jは等方圧密したCASE Hに比べて、小さな軸ひずみで軸差応力が最大になる。これは、異方圧密時に比較的大きな圧縮ひずみが発生していたためである。一方、伸張载荷の試験では、異方圧密したCASE Iは等方圧密したCASE Gに比べて最大軸差応力が小さく、かつ、伸張側の軸ひずみが発生しやすい。すなわち、異方圧密時に比較的大きな圧縮ひずみが発生したために、伸張ひずみが発生しやすくなっていたと考えられる。また、圧縮および伸張強度を比較すると、大きな強度異方性があることがわかる。

図4は深度11m付近の赤井粘土を練り返して作製した供試体の単調三軸試験結果である。応力～ひずみ関係を見ると、軸差応力は単調に増加してピーク強度が見られないまま実験が終了している。また、有効応力経路においては、いずれのCASEにおいても、せん断後半で正のダイレイタンスの発生が観察され、不攪乱試料特有の塑性圧縮を伴う軟化挙動が見られなくなった。これらは、練り返したことにより、不攪乱粘土の骨格構造が大幅に低位化したことに起因すると考えている。また、圧縮側の破壊応力比は1.3であり、伸張側の破壊応力比は0.9であり、特に圧縮側の破壊応力比が、練り返しによる構造劣化により、大幅に減少することがわかった。

4. まとめ

東大阪でサンプリングした鋭敏なMa13沖積粘土の静的力学特性を把握するために各種の三軸試験を実施した。高位な構造を有する鋭敏粘土は、

圧密条件、载荷条件などの試験条件によって、試験結果として現れる力学挙動も大きく異なることがわかった。現在、三軸試験と単純せん断試験²⁾を併用して、動的な力学特性の把握も進めている。

参考文献：1)新関西地盤・大阪平野から大阪湾，関西圏地盤情報ネットワーク，2007.2)山田ら：単純せん断試験による各種圧密条件下の粘性土のせん断強度特性の評価，土木学会中部支部，2010.

表2 载荷速度による比較

CASE	深度	拘束圧	载荷速度
E	10.7 m	100kPa	0.005%/min.
F	11.2 m	100kPa	0.1%/min.

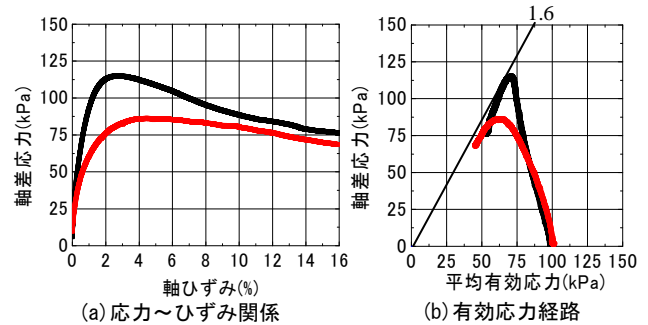


図2 载荷速度の異なる三軸試験結果

表3 圧密条件と载荷条件による比較

CASE	深度	圧密条件
G(伸張)	10.8m	$K_0=1.0$ (等方)
H(圧縮)	11.2m	$K_0=1.0$ (等方)
I(伸張)	11.4m	$K_0=0.5$ (異方)
J(圧縮)	11.7m	$K_0=0.5$ (異方)

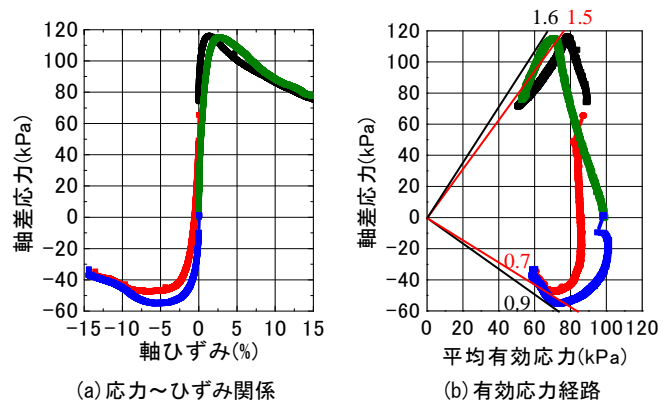


図3 圧密条件の異なる三軸試験結果

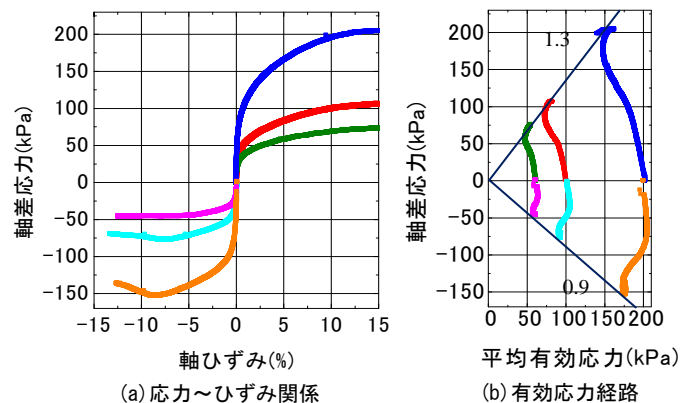


図4 練り返し粘土を用いた三軸試験結果